

V-228 コンクリート構造物の表面温度情報を利用した内部判読に関する実験的研究

日本大学 正会員 ○柳内陸人
 東京大学 正会員 魚本健人

1. まえがき

コンクリート構造物表面のひびわれ、剥離およびタイルの浮きなどの表面損傷の判読は、熱赤外線センサで得られる表面温度分布画像が利用され成果を上げている。しかし、土木構造物を例にとると、地下など日光が直接当たらない場所にあることが多く、表面のみならず内部の状態を判読するのに十分な表面温度の情報が得られないケースが多い。このようなケースに対処するため、人為的に構造物表面を加熱して熱赤外線センサで観測し、得られた熱画像に現れる温度分布の経時変化から表面および内部状態を判読する方法を著者等は提案してきた。本報告は、架け換え時期にあるRC道路橋床版を対象に、床版裏面を人為的に加熱(加熱法)して得られる熱画像を利用して内部状態を判読した実験的研究である。

2. 加熱法により得られた熱画像

研究対象のRC道路橋床版は、橋長9.60m、主桁幅6.75m、コンクリート厚180mm、舗装厚100mmで、昭和20年代前半に構築されたものである(写真-1参照)。床版裏面に100cm×150cmの測定エリアを設定し、50cm×50cmに6分割した1区画ごとにアセチレンバーナーにより10分間加熱した後、熱赤外線センサで観測して床版裏面の熱画像を得た。観測に用いた熱赤外線センサは、観測対象物の表面温度が20~80℃の範囲であるため、この温度域に应答する遠赤外波長域(8.0~12.0μm)を持つ熱赤外線センサである。写真-2(a)~写真-2(c)は、加熱停止直後、2分および5分経過時における熱画像である。大小さまざまな環状や帯状の高温域や低温域が明瞭に現れ、その温度分布パターンが時間を経過するにともない変化している様子が明瞭に捉えられている。

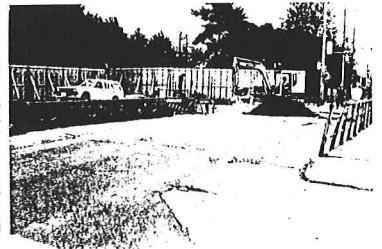


写真-1 研究対象のRC道路橋

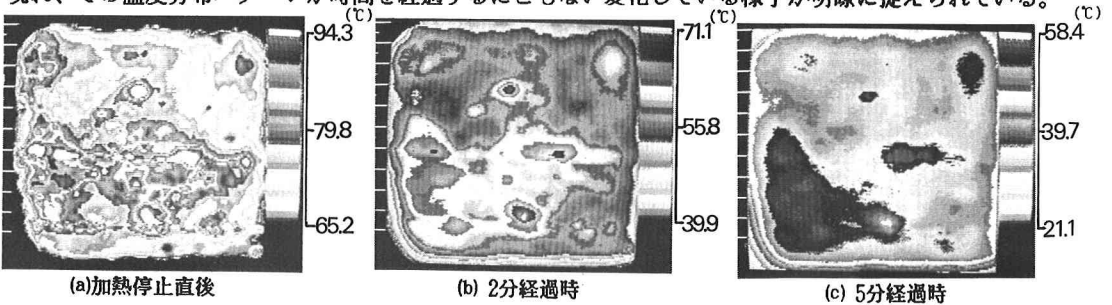
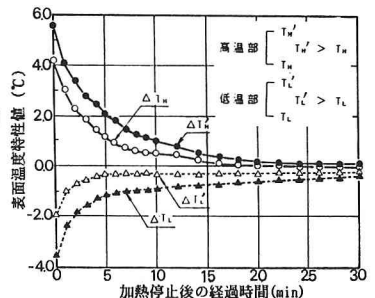


写真-2 熱赤外線センサで観測された表面温度分布画像

3. 表面温度の経時変化

加熱法で得られる熱画像に高温部や低温部が現れ時間的に変化する理由は、表面から内部へ熱が伝達する過程で熱伝導率の異なる障害物に遭遇するため、高温部はコンクリートのポーラスな部分や空洞、低温部はコンクリートの密実な部分や鉄筋などの位置に現れる。さらに、画像内の各高温部や低温部における温度の経時変化の違いは、コンクリートの空隙量、空洞や鉄筋の位置や大きさ、強度などの違いに関連している。図-1は、加熱法で得られた各経過時の熱画像から高温



部、中等温度部ならびに低温部を抽出した後、中等温度部に対する高温部および低温部の温度差を計算し、その時間変化を示したものである。高温部や低温部の温度差経時変化曲線は、抽出した位置により異なることが分かる。このような、中等温度部に対する各位置の温度差の時間変化曲線を表面温度の特性曲線と称した。

4. 表面温度の変化特性と内部状態との関連

熱画像の任意の位置での特性曲線を用いた内部判読例として、熱画像から任意に選定した位置の特性曲線から読み取った2分経過時の値(表面温度特性値)とシュミットハンマーによるテストハンマー強度、空隙量、圧縮強度および中性化との関係を調べた。なお、空隙量、圧縮強度および中性化は、反発度の測定を終了した後、特性曲線を読み取った位置から採取したφ100 mm×200 mmのコアに対して測定した値である。

(1)テストハンマー強度との関係

図-2は、熱画像の任意な位置における表面温度特性値と当該位置のテストハンマー強度との関係を示した。両者の間には負の相関関係の傾向が認められるが、測定位置のコアを採取していないため鉄筋の入っている位置を確認することができず、この値を除外できないためにバラツキのある関係図となった。

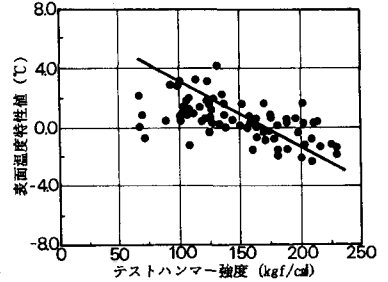


図-2 表面温度特性値とテストハンマー強度との関係

(2)空隙量との関係

図-3は、熱画像の任意の位置における表面温度特性値と当該位置の空隙率との関係を示した。図中の○印は鉄筋が入っているコアで、これを除けば両者の間には正の相関関係が認められた。空隙率は、次式により算定した。

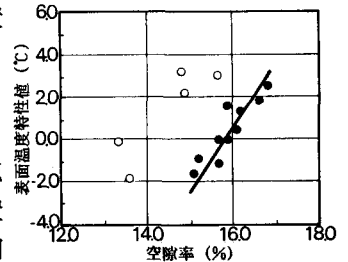


図-3 表面温度特性値と空隙率との関係

$$\text{空隙率} (P_t) = (W_b - W_a) \times 100 / (W_b - W_c) \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 W_a : 絶乾状態(g), W_b : 表乾状態(g), W_c : 水中重量(g)

(3)圧縮強度との関係

図-4は、熱画像の任意な位置における表面温度特性値と当該する位置から採取したコアの圧縮強度との関係を示した。図中の○印は表面から約30 mmまでに鉄筋が入っていたコアで、これを除けば両者の間には負の相関関係が認められた。圧縮強度は、JIS A 1107に準じてコアを成形して圧縮強度試験を行った。

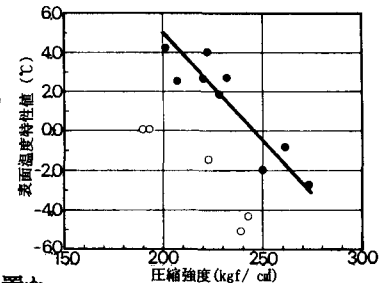


図-4 表面温度特性値と圧縮強度との関係

(4)中性化との関係

図-5は、熱画像の任意な位置における表面温度特性値と当該位置の中性化との関係を示した。両者の間には良好な負の相関関係が認められた。なお、中性化は、当該位置から採取した圧縮強度試験後のコアに対し、JIS K 8006で規定されている1%フェノールフタレン溶液を試薬として用いて割裂面に噴霧したときの、表面から赤着色部分までの平均距離である。

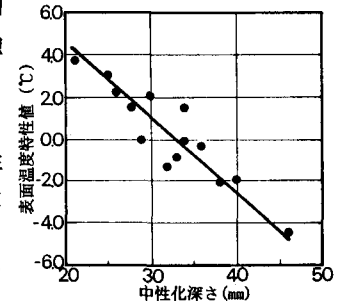


図-5 表面温度特性値と中性化との関係

4. あとがき

コンクリート構造物に対する加熱法によって得られた熱画像を分析することにより、表面温度情報と空隙量、圧縮強度および中性化などで表される内部状態との関係を明らかにした。既設コンクリート構造物の耐力判定などの品質管理に対してこの非破壊試験法が有効的な手法であることを示すことができた。